

Le rôle des lichens dans les écosystèmes

par Daniel Rivest



Figure 1: Cladonie étoilée (*Cladonia stellaris*) – désignée emblème lichénique du Canada.

Voici le troisième volet de cette série sur ces étonnants organismes que sont les lichens. Nous aborderons les nombreux rôles insoupçonnés qu'ils jouent dans les écosystèmes.

Les lichens sont des organismes symbiotiques formés de l'association d'un champignon (le mycobionte) et d'une algue verte et ou d'une cyanobactérie (le phytobionte). On y trouve aussi une levure et tout un cortège de bactéries, de protozoaires et d'invertébrés microscopiques (acariens, nématodes, tardigrades – voir articles 1 et 2 des *Bio-Nouvelles* précédents). L'organisme lichénique peut donc être considéré non seulement comme un individu, mais aussi comme une communauté d'organismes, un microhabitat supportant une grande quantité d'espèces variées. Il constitue même un écosystème en soi puisque l'écosystème, par définition, est un système où interagissent les éléments non vivants (eau, air, température, minéraux, énergie) et vivants dans un milieu donné. L'écosystème est constitué de producteurs, de consommateurs et de décomposeurs intégrés dans une boucle où circulent énergie et matière.

L'organisme lichénique se nomme un thalle. Les lichens vivent des produits de la photosynthèse réalisée par les phytobiontes. Selon les types de phytobiontes, différents types de sucres seront produits, ce qui influencera entre autres la communauté bactérienne présente. Ce sont des organismes poikilohydriques, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent contrôler leur contenu en eau. Ils vivent du soleil et de l'air du temps et sont donc soumis à des épisodes quotidiens et saisonniers de dessiccation et de réhydratation. De par leurs formes complexes (incrustés, foliacés ou fructiculés), ils offrent à l'instar d'une feuille, une grande surface à leur environnement. Ils absorbent donc passivement l'eau de la pluie, du

brouillard ou de la rosée. Les multiples poussières atmosphériques d'origines naturelles ou anthropiques peuvent aussi se déposer sur leur cortex supérieur et même être séquestrées à l'intérieur du thalle. Ils constituent une biomasse substantielle qui supportera une grande biodiversité de micro et macroorganismes autour d'eux (figure 3).

Cela permet l'existence de réseaux trophiques complexes et constitue un intermédiaire important dans les cycles biogéochimiques du carbone, du phosphore et de l'azote dans les écosys-

Figure 2: *Lobaria pulmonaria* un lichen foliacé et une limace.



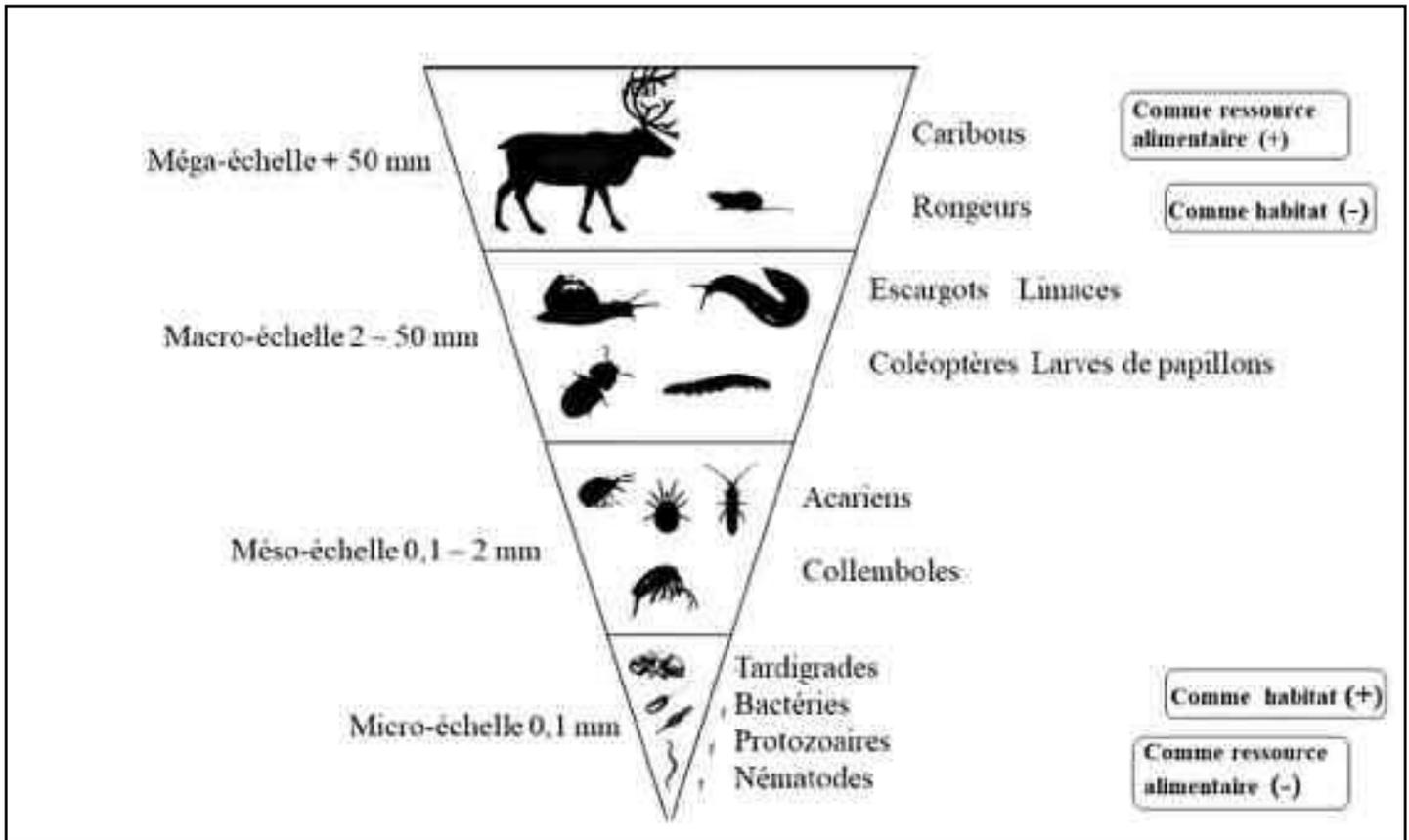


Figure 3 : Relations des lichens et des animaux de différentes tailles. Adapté de Asplund et Wardle (2017).

tèmes. Les organismes lichéniques et leur assemblage sont donc des éléments très importants de la biodiversité. Ils contribuent à améliorer le fonctionnement et à augmenter la productivité des écosystèmes, les rendant ainsi plus résilients et plus résistants aux divers changements auxquels ils peuvent être soumis. Rappelons que de 8 à 10 % des écosystèmes terrestres sont dominés par les lichens. Un arbre de la forêt tropicale peut supporter jusqu'à 150 espèces de lichens.

Les lichens possèdent des caractéristiques, ou ce qu'on appelle aussi des traits fonctionnels, qui leur sont propres. Ils leur permettent de remplir des fonctions écosystémiques essentielles et par le fait même fournissent aux humains des services écosystémiques de grande valeur.

Les traits fonctionnels des lichens

Les lichens montrent une grande variété de traits fonctionnels qui sont associés à l'acquisition et à la rétention des ressources comme l'eau et les nutriments. Cela aura, vous l'aurez déjà compris, un effet important sur les processus écologiques et les communautés d'organismes vivants qui leurs sont associées.

Les fonctions écosystémiques des lichens

Les lichens ont des fonctions écosystémiques attribuables à leurs effets physiques, géochimiques, biologiques au sein des écosystèmes dans lesquels ils se trouvent et où ils expriment leurs traits fonctionnels. Ces multiples traits fonctionnels auront un effet de moteur ou de changement écologique.

Les lichens sont des espèces pionnières

Au Québec, suite au retrait des glaciers il y a environ 10 à 12 000 ans, la roche, les cailloux, le sable se sont retrouvés à nu. Rien à voir avec les forêts actuelles qui couvrent maintenant les lieux. C'est grâce à un lent processus d'érosion rocheuse, de formation de sol (pédogenèse), de successions végétales qu'une forêt telle que nous la connaissons a pu se constituer. Ce sont les mêmes étapes qui permettent à un bouleau ou une épinette de pousser sur le sommet arrondi d'un bloc erratique isolé en pleine forêt laurentienne.

Les lichens peuvent coloniser une grande variété de substrats, autant naturels (sol, roche, écorce, bois, carapaces animales), qu'artificiels (monuments, plastique, caoutchouc, métal, verre). Ce sont des espèces pionnières qui ont été parmi les premières à coloniser les habitats terrestres de notre planète. Cela a contribué à créer des habitats plus favorables pour une grande variété de formes de vie. La texture du substrat est très importante dans le succès de l'attachement et de la survie des propagules de lichen. C'est toutefois la compétition intra et interspécifique qui déterminera la composition floristique des lichens sur une surface donnée.

Sous des dehors inoffensifs, les lichens jouent un rôle majeur comme agent d'altération biologique de la roche, ce qui contribue à la formation des sols, la pédogenèse. Le sol est un assemblage de minéraux dissouts et solides ainsi que de matière organique. Les lichens sont donc capables d'altérer la roche dans des temps relativement courts, plus courts que ceux de l'échelle géologique.

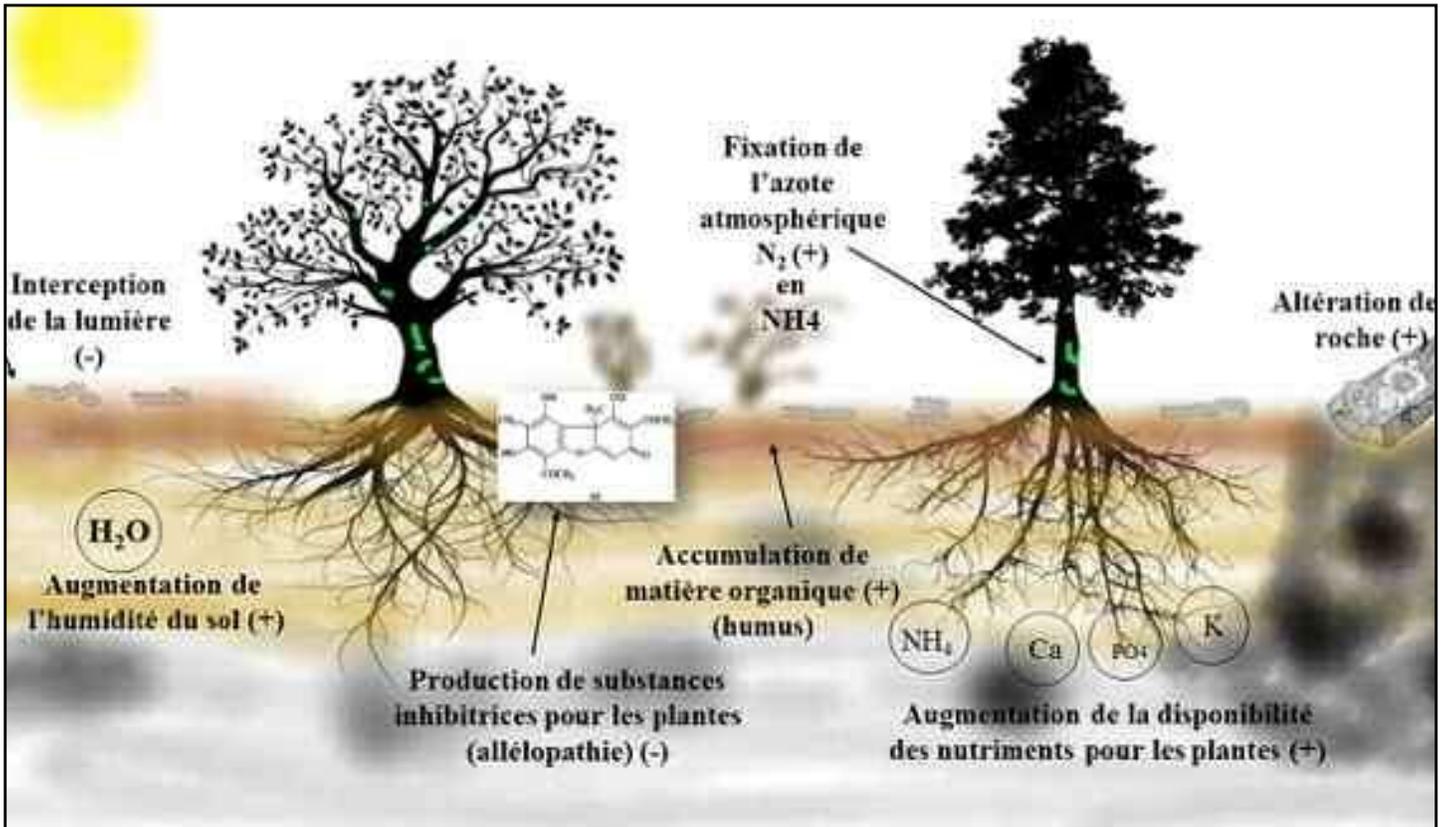


Figure 4 : Quelques fonctions écosystémiques de lichens. Adapté de Asplund et Wardle (2017).

Les lichens saxicoles, c'est-à-dire ceux qui poussent sur les rochers, peuvent altérer la roche de plusieurs façons, ce qui va contribuer à dissoudre les minéraux contenus dans celle-ci et à la fragmenter en petites particules. Il peut se produire une action physique par pénétration des rhizines (les structures d'attache-ments du lichen), des hyphes dans les micro-crevasses rocheuses ou par les expansions et contractions périodiques des thalles à cause du mouillage et du séchage de ces derniers. Il peut aussi se produire une action chimique. Les champignons lichénisés sont des organismes hétérotrophes qui produisent du CO_2 lors de la respiration. Ce dernier peut se dissoudre dans l'eau pour former de l'acide carbonique, un acide faible, qui favorise la solubilisation des sels minéraux et des métaux. Ces mêmes mycobiontes vont aussi produire de l'acide oxalique qui contribue aussi à l'érosion de la roche. Des oxalates métalliques se retrouveront alors à l'interface roche-lichen et même dans le thalle. D'autres substances comme les métabolites intermédiaires des lichens peuvent aussi séquestrer ou chélater les métaux de la surface rocheuse. Au bout du compte de ces réactions chimiques, on aura la formation de complexes avec du magnésium (Mg), du potassium (K), du phosphate (PO_4), du calcium (Ca) ou du fer (Fe). Autant d'éléments essentiels à la croissance des plantes et qui ne seraient pas disponibles sans la précieuse intervention des lichens. Dans le sol, il y aura ensuite la formation de complexes organométalliques qui évitera aux précieux minéraux d'être lessivés par l'eau et être ainsi perdus pour les plantes.

Les lichens comme accumulateurs d'éléments

Les lichens ont la capacité durant leur très lente croissance d'accumuler des éléments comme l'azote, le phosphore, le soufre, les

minéraux et les métaux dans leurs tissus. Cela accroît la biodisponibilité de ces nutriments pour les organismes qui vont progressivement remplacer les lichens durant le développement du sol (pédogénèse) et la succession végétale. Par exemple, au Québec, dans les forêts dominées par l'Épinette noire (*Picea mariana*), les pessières noires de la forêt boréale, les lichens terricoles couvrent 97% du sol et contiennent jusqu'à 20% de la biomasse totale, 25% de l'azote et 12% du phosphore de l'écosystème. Les lichens peuvent même incorporer des particules rocheuses et minérales séparées ou désagrégées (quartz, feldspath, mica). Les croûtes de lichens modifient également la morphologie de la surface du sol qui devient rugueuse et permet l'accumulation de substances organiques contribuant ainsi à la pédogénèse (figure 4).

Les lichens comme agent fertilisant en azote

La fixation de l'azote est le processus par lequel l'azote atmosphérique N_2 est converti en azote hautement utilisable par les plantes sous forme d'ammonium (NH_4^+). Cette fixation se fait *via* l'activité enzymatique des cyanobactéries, qui sont des phytobiontes que l'on retrouve chez 10% des lichens. Ces derniers contribuent de manière significative au taux global de la fixation biologique de l'azote dans la nature. Dans les forêts humides et les forêts boréales, le taux de fixation annuelle peut aller de 2 à 11 kg par hectare (100 mètres \times 100 mètres) annuellement. Dans les régions arides, les lichens incrustés du sol peuvent fournir jusqu'à 12 kg par hectare par année. L'apport d'azote par ces croûtes peut influencer le cycle de l'azote, non seulement par la fuite d'azote des organismes formant la croûte, mais aussi en raison de la décomposition des matériaux de la croûte. Grâce à la contribution des lichens, l'augmentation de la

disponibilité de l'azote favorise grandement la croissance des plantes particulièrement dans les milieux pauvres en éléments nutritifs.

Photosynthèse et fixation du carbone

Les phytobiontes des lichens contribuent au cycle du carbone en fixant le dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère pour produire des sucres. Par conséquent les lichens jouent ainsi un rôle important dans les échanges entre l'atmosphère et le biote terrestre par la photosynthèse et la respiration.

Prévention de l'érosion

Les lichens terricoles protègent la surface du sol contre l'érosion hydrique et éolienne en scellant et en liant les particules du sol entre elles pour former des agrégats. Les rhizines, ces structures filiformes de leur cortex inférieur leur permettent de rester bien ancrés au sol. Il y a donc une nette diminution de la perte des particules du sol, une diminution de l'érosion, du ruissellement et une amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol quand les lichens sont présents.

Régulation du débit de l'eau

Les lichens ont la capacité de retenir l'humidité. Ce sont des organismes poikylhydriques, qui peuvent absorber l'eau directement par leur surface poreuse ou *via* la vapeur d'eau, un processus toutefois beaucoup plus lent. L'eau remplit alors les capillaires intercellulaires et les espaces d'air entre les hyphes et les cellules algales. Cela entraîne un gonflement du plectenchyme hyphal, un terme savant pour désigner le faux tissu du champignon et qui est simplement un enchevêtrement d'hyphes. Les croûtes lichéniques au sol vont intercepter l'eau de pluie et empêcher l'érosion des sols en libérant l'eau plus doucement vers celui-ci. Cela augmente la quantité d'eau disponible pour les plantes, qui autrement serait perdue. On garde ainsi plus d'éléments nutritifs dans le sol, un phénomène très important en milieu arctique, un milieu chiche en ressources. On observe aussi une diminution de l'évaporation de l'eau. Les lichens épiphytiques, ceux qui poussent à la surface des arbres ou qui pendouillent comme les usnées barbues (*Usnea barbata*) ou comme le lichen pulmonaire (*Lobaria pulmonaria*), peuvent également intercepter les précipitations sous forme de pluie, de brouillard et de rosée et ralentir leur écoulement vers le sol. Rappelons que ces précipitations ne sont pas constituées d'eau pure mais contiennent des substances dissoutes qui peuvent servir à fertiliser le milieu récepteur.

Les lichens assainisseur de l'air

Les lichens filtrent l'eau et captent les poussières aéroportées à leur surface ainsi qu'à l'intérieur de leur thalle et ce à des concentrations dépassant leurs propres besoins. Les lichens possèdent des mécanismes très efficaces comme la chélation pour l'accumulation d'une gamme d'éléments essentiels majeurs. Ils sont aussi réputés pour leur capacité à accumuler des métaux. Ce sont donc de bons bioindicateurs de pollution métallique (mercure, cadmium, plomb) que l'on peut mesurer dans les thalles.

La couleur du lichen peut influencer la température du substrat

La couleur des lichens va du gris clair au gris foncé et ils sont souvent colorés. Les lichens plus foncés vont absorber plus de

chaleur et produire un effet par radiation thermique à petite échelle sur la température des sols ou sur les substrats sur lesquels ils se retrouvent. Les lichens clairs quant à eux auront un effet sur l'albedo, c'est-à-dire la réflexion de la lumière solaire vers l'atmosphère, comme le fait la neige et la glace. Cela peut avoir un effet sur la température.

Les lichens, des organismes qui se décomposent

Les lichens morts du sol et ceux qui y tombent seront dégradés plus ou moins rapidement par toute une succession de microorganismes et d'invertébrés. Ces organismes sont appelés saprophytes. Ce sont les décomposeurs de l'écosystème. La présence de lichens peut même favoriser la décomposition en créant des zones où le microclimat humide sera favorable à cette décomposition. Les thalles de lichens morts formeront les tout premiers ajouts organiques au sol naissant. Les poussières atmosphériques déposées ou intégrées dans les lichens seront aussi relâchées.

Les lichens comme promoteur de la succession végétale

Au début de la succession en milieu terrestre, c'est-à-dire l'apparition progressive de plantes au fil du temps, l'azote est souvent le premier facteur limitant. Les espèces de plantes pionnières fixatrices d'azote et les lichens vont jouer un rôle primordial dans la constitution du capital azoté dans l'écosystème. La colonisation préalable par des lichens dans certains milieux va favoriser la colonisation des plantes non fixatrices d'azote. Ces lichens peuvent concentrer des éléments minéraux et les relarguer sous des formes biodisponibles pour les plantes. Même les lichens non fixateurs d'azote sont capables d'accumuler des éléments nutritifs dans leurs thalles et les libérer lors de leur décomposition. Les lichens, en altérant la roche, rendent disponible les minéraux pour les plantes.

Germination et croissance des plantes

Les lichens peuvent avoir des influences tant positives que négatives sur la germination des graines de plantes. Cela dépend de la plante et du lichen. La présence de lichens engendre des changements dans la morphologie de la surface du sol, facilitant la capture de graines et l'accumulation de substances organiques, de particules fines et d'eau à la surface du sol. *Cladonia* réduit considérablement l'émergence de graines en germination qui dépendent de la lumière pour germer. Elle peut aussi en revanche favoriser la germination en conservant l'humidité au sol.

Interaction des organismes avec les lichens :

Les microorganismes

Même si les lichens contiennent des produits qui ont des propriétés antibactériennes et antifongiques *via* leurs métabolites secondaires, ils procurent un microhabitat à une kyrielle d'organismes, allant des bactéries aux invertébrés de toutes sortes et de toutes tailles. Ces bactéries se retrouvent en quantité beaucoup plus importante sur les lichens que sur les plantes. Elles peuvent servir de nourriture à de nombreux protozoaires (petits organismes unicellulaires à noyaux) et nématodes (petits vers ronds). Ces bactéries vont varier en nombre et en diversité. Cela est influencé ou contrôlé par la forme du lichen et par le ou les types de photobiontes qu'on y retrouve, les sucres produits étant différents. La capacité du lichen à retenir l'eau, son hydrophilie, va

aussi faire en sorte qu'il y aura plus de bactéries. Les portions internes du lichen qui sont hydrophiles supportent des populations bactériennes plus grandes que les portions externes qui sont hydrophobes. Les symbiotes bactériens peuvent contribuer fonctionnellement au lichen en lui fournissant une résistance aux stress biotiques et abiotiques en synthétisant des biovitamines, en détoxifiant des substances inorganiques comme les métaux lourds et en apportant des produits azotés.

Le cas des invertébrés

Bien que les lichens possèdent des substances qui ont un effet d'antiherbivorie, la diversité et l'abondance des invertébrés qui s'en nourrissent, s'y cachent ou s'y abritent est énorme. En fait beaucoup d'invertébrés sont lichénivores. On va retrouver dans le film d'eau qui recouvre le lichen en conditions humides des nématodes, des protozoaires, des rotifères, des tardigrades. Certains nématodes vont se nourrir du mycobionte, d'autres des bactéries. Les lichens qui abritent des cyanobactéries comme phyto-bionte vont supporter une plus grande quantité de nématodes. Parmi les autres invertébrés, on retrouvera des collemboles, des coléoptères, des larves de papillons, des acariens, des cloportes et des gastéropodes. Ces derniers sont de grands consommateurs de lichens et montrent des préférences pour certains lichens. La présence de métabolites secondaires influence négativement leur choix. Ils choisiront aussi ceux qui contiennent plus de phosphore et d'azote. Le statut nutritionnel du lichen va affecter la diversité, l'abondance et la composition de la communauté d'acariens et de collemboles. Même les araignées, ces réputées prédatrices, suivent le bal de ces changements. On connaît très peu de choses sur le réseau trophique impliquant des invertébrés et le recyclage des nutriments. Cela est d'autant plus important que l'on sait que la pollution peut interférer grandement avec la croissance des lichens, ce qui affectera les consommateurs primaires et leurs prédateurs comme les oiseaux. Il peut également y avoir un transfert de polluants dans le réseau trophique par les brouteurs invertébrés (métaux lourds, pesticides, radioéléments). Il y a plus de passereaux insectivores dans les forêts qui supportent une plus grande biomasse de lichens à cause du nombre accru de proies. Les lichens fournissent une protection contre le dessèchement, les prédateurs par camouflage ou par mimétisme. L'exemple typique est la Phalène du bouleau (*Biston betularia*) qui se confond avec le lichen sur le lequel elle se pose. La perte des invertébrés par perte des lichens affectera forcément le réseau trophique complexe dont dépend les oiseaux.

Les vertébrés

Beaucoup de mammifères se nourrissent de lichens, l'importance dans le régime peut être variable selon les espèces et les saisons. Cerf de Virginie, orignal, campagnol, lemming, Souris sylvestre, marmotte, écureuil : autant de mammifères qui consomment du lichen. Il fait même partie du régime de l'Ours polaire. Le caribou, du micmac *xalibu* (celui qui gratte la neige avec sa patte), se nourrit de lichens saxicole, terricole et épiphytique, particulièrement l'hiver. Ce sont surtout les lichens des genres suivants qui se retrouvent dans sa panse : *Cladonia*, *Bryoria*, *Alectoria* et *Stereocolon*. Comme les vaches, ce sont des ruminants qui abritent un microbiote qui leur permet de digérer les végétaux qu'ils consomment. Les caribous peuvent manger de

grande quantité de lichens (3,5 kg/jour) et ce malgré la présence d'acides lichéniques aux propriétés antiherbivores. Un de ceux-là, l'acide usnique, ne les affecte pas, car les bactéries de leur rumen sont capables de le dégrader. L'acide usnique contribuerait même à augmenter la digestibilité du lichen par le caribou. C'est d'autant plus important que les lichens ont une faible valeur nutritive. Ils sont relativement pauvres en protéines, en calcium et en phosphore. Les chasseurs inuits mangent le contenu fermenté de la panse de caribou dans un met traditionnel, le *wenastica*, où se retrouve aussi des fruits séchés et du gras animal. Cette nourriture fermentée leur permet d'obtenir des minéraux et vitamines.

Matériel de nidification

C'est bien connu, les lichens sont utilisés par de nombreux animaux pour faire leur nid. On observe un choix évident de certains types pour la construction, le camouflage, et dans le cas de certaines espèces, la décoration. Grâce aux métabolites secondaires, les lichens préviendraient les infections chez les oisillons. Le colibri et le Gobemoucheron gris-bleu confectionnent leur nid avec du lichen. Les écureuils volants, nos polatouches, l'utilisent également et seraient très sélectifs dans leurs choix de lichens : 96% du volume de leur nid est construit avec trois espèces du genre *Bryora*. Ces trois espèces ne contiendraient pas de substances lichéniques toxiques. Les polatouches les consomment.

Voilà comment les lichens contribuent de façon significative au fonctionnement des écosystèmes, en érodant les roches, en fertilisant les sols au début de la succession végétale, en soutenant une grande biodiversité d'invertébrés et en fournissant abri et nourriture à de nombreux animaux. Grâce à leurs traits fonctionnels bien particuliers, ils remplissent des fonctions écosystémiques et rendent des services systémiques importants.

Dans le prochain et dernier article de cette série, nous verrons quels usages les populations humaines ont fait ou font encore des lichens et quel est leur importance dans la culture. Encore aujourd'hui ils sont une source d'inspiration. Le lichen : un super-organisme aux vertus insoupçonnées !

Pour en savoir plus

ASPLUND, J. et Wardle, D. A. (2017). « How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties ». *Biological Reviews*, 92(3), p. 1720-1738.

ZEDDA, L. et Rambold, G. (2015). « The diversity of lichenised fungi: Ecosystem functions and ecosystem services », p. 121-145 dans *Recent advances in Lichenology*, vol. 2 (D. K. Upreti *et al.*, dir.). Springer, New Delhi, xv + 265 p.

SEAWARD, M. (2008). « Environmental role of lichens », p. 274-298 dans *Lichen Biology* (T. Nash III, dir.). Cambridge University Press, Cambridge, 486 p.